1

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number:

2001-091701

(43) Date of publication of application: 06.04.2001

(51)Int.Cl.

G02B 1/00

G02B 5/04 5/18 G02B

5/28 GO2B

GO2B 6/12

(21)Application number: 11-309804

(71)Applicant: KAWAKAMI SHOJIRO

AUTOCLONING

TECHNOLOGY:KK

(22)Date of filing:

25.09.1999

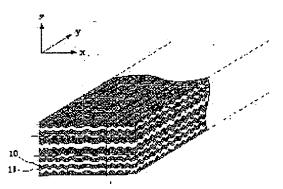
(72)Inventor: KAWAKAMI SHOJIRO

ODERA YASUO SAKAI YOSHITAKE

(54) PHOTONIC CRYSTAL WITH MODULATED GRATING

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To solve such problems that the latitude for the design of an optical circuit is low and designing a circuit having less sensitivity to manufacture errors is difficult because of the conventional assumption that the basic periodical length and direction of the basic period in the structure of a photonic crystal as the structural material of optical circuit parts are basically constant in the plane or volume of the crystal on the analogy of a natural crystal such as a semiconductor. SOLUTION: In a two-dimensional or threedimensional photonic crystal having the feature that it is produced by depositing layers of substances on a substrate, the basic periodical length or the direction of the period of the



crystal are not uniform in the relation of the position in the crystal, but are gradually varied or varied stepwise with the position and if necessary, varied in the perpendicular direction to the substrate. Namely, the crystal features a modulated grating. By this technique, wide latitude of processing and latitude of functions are obtained in photonic crystal optical circuit parts.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

07.08.2001

[Date of sending the examiner's decision

of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3766844

[Date of registration]

10.02.2006

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(18)日本国条部庁 (JP)

公裁区 盂 华 噩 4 (12)

特開2001-91701 (11)特許出觀公開番号

P2001-91701A)

(43)公開日 平成13年4月6日(2001.4.6)

(51) Int Cl.		10000000000000000000000000000000000000	FI		デーマコート"(参考)
G02B 1	1/00		G02B 1	1/00	2H042
ισ	70/S		ш	70%	2H047
S.	8/18		.,	1,18	2H048
ĸ.	2/28			2/28	2H049
9	3/12			3/12	z
			整位额 决	存在 競技 未 野水 田	酵水項の数12 磐面 (全 10 頁)

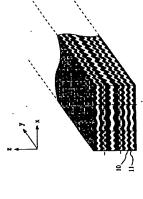
(21)出職等中	特置 平11—309804	(1) 出版人 391006566	391006566
(22) 出版日	平成11年9月25日(1999.9.25)		バエーサーモ 阿城県自台市市林区土協26番地 関右衛 マンションレールギニ HB
		(71) 出職人 599042598 有限会社才	599042598 有限会社オートクローニング・テクノロジ
		(72) 発明者	古城県山中市本林区土福238番地C9 川上 第二年 河北上第二年
			マンションファンオCーUB 最終質に続く

(54) [発明の名称] 格子変調フォトニック結晶

【瞑題】 従来、光回路即品の構成材料としてのフォト ニック結晶の構造は、半導体で代表される天然結晶との アナロジーから、基本的な周期及、基本周期の方向が結 品の面内または体積内で基本的に一定であることが前提 となっていた。このため光回路の設計の自由度は低く、 作製剤並に敏感でない回路を設計するのは困難であっ

た。この問題を解決する。

【解決手段】 基版の上への物質の積層で作製されるこ とを特徴とする2次元または3次元フォトニック結晶に おいて、結晶の基本的な周期長や周期性の方向を、結晶 中の位置に関し一位とせず、位置に関して徐々にまたは 機やかな階段状に変化させ、基板と垂直な方向にも必要 により変化させること、即ち格子変闘を特徴とする。こ の技術により、フォトニック結品型光回路部品に広範な 加工の自由度・機能の自由度を提供する。



る部分を少なくともその一部分に含むことを特徴とする (開水項1] 二種以上の豚配体よりなる2次元または3 **欠元周期構造体において、基本的な周期の方向の一つ以** 上が空間的に徐々にないし极やかな階段状に変化してい

上が空間的に徐々にないし极やかな階段状に変化してい る部分を少なくともその一部分に含み、使用波及域が当 |請求項2| 二種以上の誘電体よりなる2次元または3 **大元周期構造体において、基本的な周期の長さの一つ以** 抜構造の伝搬域に属することを特徴とする光機能構造

法を少なくともその一部において用いて作製することを **構造体において、基本的な周期の方向の一つ以上が空間** 的に徐々にないし綴やかな階段状に変化している部分を 【請求項3】二種以上の誘電体よりなる板状3次元周期 少なくともその一部分に含むものを、自己クローニング 特徴とする光機能素子の作製方法 徐々にないし趨やかな階段状に変化している部分を少な くともその一部分に含み、使用液長域が当該構造の伝数 域に属することを特徴とする構造を,自己クローニング 法を少なくともその一部において用いて作製することを **本において、基本的な周期の及さの一つ以上が空間的に** 特徴とする光機能構造の作製方法

なくとも一方で、基本的な周期の及さを空間的に徐々に ないし級やかな階段状に変化させることにより, 面に交 【請求項5】二種以上の誘饵体よりなる板状3次元周期 構造体において、面内の基本的な周期の二つの方向の少 わる方向の光の透過率ないし反射率の被長依存性が面内 で変化していることを特徴とする故長避択フィルタ

【請求項6】二種以上の誘配体よりなる板状3次元周期 ないし极やかな階段状に変化させることにより、面に交 で変化していることを特徴とする光森子を自己クローニ 構造体において、面内の基本的な固期の二つの方向の少 なくとも一方で、基本的な周期の及さを空間的に徐々に bる方向の光の透過率ない

し反射率の被妥依存性が面内 ング法を少なくともその一部において用いて作製するこ とを特徴とする被長選択フィルタの作製方法

【請求項7】面内にそれぞれ二つある基本的な周期の長 つ複数の領域があることを特徴とする2次元光導波路ま さと基本的な周期の方向のそれぞれ一つ以上が面内で空 目的に徐々にないし観やかな階段状に変化していること により、同一構造中に異なるスーパープリズム作用をも たは板状3次元周期構造体または内部に面平行形の導数 構造を持つ板状3次元周期構造体

【請求項8】 面内にそれぞれ二つある基本的な周期の及 さと基本的な周期の方向のそれぞれ一つ以上が面内で空 間的に徐々にないし観やかな階段状に変化していること により、同一構造中に異なるスーパープリズム作用をも つ複数の倒域があることを特徴とする板状 3 次元周期構

特開2001-91701

3

登体または内部に面平行形の非数構造を持り板状3次元 因期構造体を、自己クローニング効果を少なくともその **一部において用いて作製することを特徴とする光機能添** 【請求項9】二種以上の務館体よりなる2次元または3 **火元固期構造体において、光の進行する方向に交わる基** 本的な固期の方向の一つ以上において、基本的な周期の 及さを空間的に徐々にないし极やかな階段状に変化させ ることにより導故すべき領域を周囲の周期構造と異なる 作用をもたせることを特徴とする光導波路

により導致すべき領域を周囲の周期構造と異なる作用を もたせる光導被路を自己クローニング効果を少なくとも その一部において用いて作製することを特徴とする光機 [請求項10] 二種以上の誘電体よりなる板状3次元四 **期構造体において、光の進行する方向に交わる基本的な 周期の方向の一つ以上において、基本的な周期の及さを** 空間的に徐々にないし観やかな階段状に変化させること 能索子の作製方法

坂状3次元周期構造体で、面内の二つの基本的な周期の 方向のうち、光の進行方向と垂直または角度をなすもの 一つ以上が徐々にないし概やかな階段状に変化している [請求項11] 二種以上の誘電体よりなる2次元または ことにより光の曲がりを实現することを特徴とする面内 化導波路およびリング状光共仮路 [帥求項12] 二種以上の誘電体よりなる板状3改元周 **光の遊行方向と垂紅または角度をなすもの一つ以上が徐** 々にないし扱やかな階段状に変化している面内光導数路 およびリング状光共仮器を厚き方向に自己クローニング 効果を少なくともその一部において用いて作製すること 単構造体で、 面内の二つの基本的な周期の方向のうち、 を特徴とする光機能素子の作製方法 【発明の詳細な説明】

[000]

大元的にほぼ周期的な構造をもつ光波帯回路系子および [発明の風する技術分野] 本発明は、2次元的または3 その作製方法に関する。

[0002]

【従来技術】本発明は、光故帯回路素子に関する応用の **極めて広い技術に関するものであるため、本発明全体に 尊波路への応用、曲がり尊波路への応用のそれぞれに関 対応する従来技術を見つけることは難しい。それゆえ、** 本発明の干渉型フィルタへの応用、プリズムへの応用、 する従来技術を説明する。

である。波長分割多面通信には波及幅1nm程度の狭構 故性が要求される。複数の波長を利用するので、別々に [0003] 跡電体多層版に垂直または斜めに入射する **もの干渉作用を利用する被及フィルタは低要な光学部品** り、システム価格の上昇を招く。また狭帯域のフィルタ 作製したフィルタをそれぞれの徴長で用いる必要があ

こは高度な脳早の制御が必要とされるので、製品の良品

[0004] 2次元または3次元的に周期的な構造をも **つ光波帯回路素子はフォトニック結品と呼ばれ、後述す** るように極めて広い応用を持っている。

を利用して、屈折角が光の被及に対して極めて敏感に変 化する「スーパープリズム効果」が近年報告されている (H. Kosaka et al., "Superpr crystals", Physical Review あるいは逆方向へ光のピームあるいは被束が境界と交叉 する時の折れ曲がり角が著しい数及依存性を持つ効果を 【0005】フォトニック結晶における分散性、異方性 B, vol. 58, no. 16, p. R10096, 1 998)。これは故及分割多重光通信システムにおいて ism phenomenain photonic **科田価値が高い。フォトニック結品の内部から外部へ、** スーパープリズム効果と呼ぶ。

[0006] スーパープリズムにおいては、材料の誘電 しないとき、ずれが小さくても被及特性の急峻さのため 中、周期構造の単位セルの寸法ないし形状が設計と一致 に、プリズムの示す屈折特性は設計された所知の特性か **ら大きくずれてしまう。これは製造時の良品枠が低いこ**

6)、(2) 自己クローニング型3次元フォトニック結 品中に成及させた毛正久路列をコアとしたもの(O.H anaizumi et al., "Propagat 列分抜き去って導液路のコアとしたもの(A. Meki hotonic crystal waveguide s, vol. 77, no. 18, p. 3787, 199 tion and observation", App 【0007】フォトニック結品中に設けた導波路として 公知のものの代表例は以下の通りである。 (1) 半導体 s et al., "High transmissi onthrough sharp bends inp s", Physical Review Letter photonic crystals: Fabrica 4, no. 6, p. 777, 1999), (3) 🖆 🖔 自己クローニング型3次元フォトニック結晶中にリング ラフィと ドライエッチプロセスにて形成した 基板面平行 tino defects formed in a-の柱の列からなる2次元フォトニック結晶から、柱を一 lied Physics Letters, vol. 7 型導波路 (川上ほか、特別平10―335758,区2 ion of light beams along Si/SiOsthree-dimensional

um程度までしか長くできないという問題点がある。ま た(3)の技術には、導政路を形成するために、フォト ニック結晶の成役を一時中断し、別のプロセスを施さな ければならないという問題点がある。

ついては、Mekis5の前述の構造、馬場ちの擬2次 rvation of light propagat ionin photonic crystal op tical waveguides with ben ds", Electronics Letters, v ol. 35, no. 8, p. 654, 1999) が知ら 【0008】またフォトニック結晶中の曲がり導設路に 元導被構造 (T. Baba et al., "Obse が、それらはいずれも折れ曲がり角における大きい反射 戻り光の発生を避けられない。 折れ曲がり角を小さくし れている。それぞれ90°の無損失折れ曲がり、60° の有限損失折れ曲がりが実現できることを示している て反射を低域することも周期構造の制約上不可能であ

オトニック結晶で構成される光素子において、基板面内 に直交座信軸xyを、それと直交する耳さ方向に z 軸を 高い分散性/ブリズム機能を持つ導波路や位置同調型の 干渉型フィルタなど多桶多様な光機能を実現することが 【発明が解決しようとする課題】基板上に作製され、フ とる。なおこの座標系は以下一貫して用いる。フォトニ ば、一つの基本技術によって急峻曲がりが可能、ないし ック結晶の各部各部が示す局所的な平均的光学特性を x, y, zの関数として任意に制御することができれ できる。本発明はこれらの映图に答えるものである。 (00100]

etters, 前述)。いずれにおいても、周期構造に る。その基板の上に、2種類以上の酥組体を順次かつ周 除いたり、直极(線分、半直線を含む)の形やその組み がある (O. Hanaizumi etal., App Baba et al., Electronics L おける基本周期及や周期性の方向は基板面上で一様であ フィやエッチングを用いる方法 (J. G. Flemin g et al., "Three-dimension 【課題を解決するための手段】フォトニック結晶を形成 するもっとも標準的な方法は次の通りである。 基板の上 に2次元的に周期的に凹凸をリングラフィおよびエッチ 周期的であり、導波路形成のためその中の数個の凹凸を 合わせの形状の凹凸を除いたりすることがなされること 2 方向の周期性を確保するためには一層ごとにリソグラ ングで作戦する。その凹凸パターンは基本的には完全に stop band from 1.35 to 1. lied Physics Letters, 前述、T. 期的に積層し、各層に所望の凹凸パターンを持たせる。 alphotonic crystalwith a

y biassputtering", Applied Physics Letters, vol. 74, N o. 3, p. 463, 1999, および川上ほか、前記 periodic nanostructures b 24, no. 1, p. 49, 1999)、ボンディング を用いる方法 (S. Noda et al., "New realization method for th crystal in opticalwavelen gth region", Japanese Jour nal of Applied Physics, vo 1. 35, no. 7B, p. L909, 1996)、敬 ree-dimensional photonic 模形成を繰り返すだけで済む自己クローニング法(S. Kawakamiet al, "Mechanism of shape formation of 3D

陥)は周期構造の乱れであるが格子の変調ではなく、か 段状に変化させ、2方向にも基本周期長を2に関して必 要により変化させることにより、広範な加工自由度・機 能自由度を獲得することにある(格子変調)。即ち従来 のフォトニック結晶やフォトニック結晶光回路部品の発 で代表される天然物質の結晶とのアナロジーから脱却で きていないために、天然結晶回鎖に基本周期段、基本周 **り構造が狭い範囲で急激に変化する)基本的に一定であ** 【0011】本発明の基本的考えは、基板の上の周期構 墩としないで、x, yに関して徐々にまたは級やかな階 思は、2 次元であるか3 次元であるかを問わず、半導体 で、3次元フォトニック結晶ではその体積内で、(導波 **歯における基本周期長や周期性の方向をχ, y に関し−** 期の方向は2次元フォトニック結晶(制品)では面内 路あるいは共挺器に利用される"dofect" (欠

子を持つ周期構造において、BC間またはbe間は、他 の部分に比べて円の径方向の基本因期が1.5倍になっ これを綴やかな階段状の変化という。また円周上で、周 大きく、径方向に徐々に変化している。このような構造 は天然物質の結晶には存在しないが、フォトニック結晶 でき、自己クローニング法で3次元化できる。 なお自己 クローニング法では積層の厚き方向の基本周期を徐々に 【0012】図上は2次元周期構造や板状3次元周期構 造の面内の格子変調の一例を示す。基本的に正方形の格 ている。即ち周期長が不連続に変化し、その周期長さは 方向の因期及はAa間のものが小さく、Dd間のものが では基板を電子ピームリングラフィーなどで自由に加工 複数周期(この場合は2周期)にわたって一定である。 も不連続にも変化させることが容易にできる。

の二つを取るのが適当である。構造全体にわたる格子変 【0013】<u>図2</u>において、周期構造の基本的な周期と して、この部分ではAB, BC, CAの三つのうち任意 関を表現するためには、BCを除外しないのが適当であ

95μm", Optics Letters, vol.

の1周期分であるため、伝搬するモードの界の広がりが 核税した邸に大きな損失が生じる。また(2)の技術で は、コアの面積を任意に広く作製できるという利点があ る一方で、導波路の及さを結晶の厚き程度、すなわち数

8)。(1)の技術では導波路の幅がフォトニック結晶 1 被長程度と極めて小さく、外部の光顔や光ファイバと

の値がある。また、3次元フォトニック結晶を作戦する 自己クローニング法、野田ら、Flemingらの前投 メートル級の見さの周期構造を形成するので、これらを 坂状フォトニック結品と総称することにする。 板の面の 全体で周期が一定であるが変化しているかに着目してい るので、基本的な周期の方向、長さの定義にはある程度 の方法に共通に、センチメートル級の基板上にマイクロ 中の方向を面内または面平行な方向、それに垂直な方向 **の二つを基本的な周期に選んでもよい。 嬰するに、空間** る。即ちBCを含む二つを取るか、あるいはBC、 を面垂直方向とよぶこととする。

[0014] 本発明の方法により獲得される光回路素子 機能の自由度の広さを以下の実施例によって順次説明す

帝国)が知られている。

る。このフィルタは、Si (紙折枠 n=3.5)1と 一様な構造を持つ。交互多的膜部分はz方向にxによら ず共通な周斯しzを持つ。また一部のSi耐の厚さを他 は一定と見なされるが、×の広い範囲にわたっては徐々 [実施例] [実施例1] 図3は本発明による、通過被長 が×方向に連続的に変化する干渉フィルタの構成図であ 持ち、自己クローニング法により形成され、y 方向には のSi悩に比べ耳く、耳体的には0.9しょとし、キャ ピティ5を形成している。×方向の周期し×は局所的に SiO₂ (n=1.5) 2からなるフォトニック結晶部 分がSi〇2基板3とSi〇2板4とに挟まれた構造を にまたは防段状に変化しており、x=X;ではLx= 0. 9 Lz, x=X1, X1, X1ではそれぞれしx=

るフォトニック結晶の一周期内の形状を図りに示す。こ 方向に入射したときのこの構造全体の光透過率を被長の 因数として図5に示す。このように干渉フィルタの通過 Lz, 1. 1Lz, 1. 2Lzである。xz断面におけ **3Lz,0.7Lzである。低界がり軸に平行な光がz** 故及を空間的に変化させることは次のような利点を生 の例では3; 图1と3;0, №2の厚さはそれぞれ0.

ある。本技術によれば、基板上に適切な間隔で複数の利 (1) 光通信用の複数の帯域フィルタにおいて、通過特 域が所型の間隔で配置される組み合わせを要する場合が 用領域を遵べば、1枚の基板上に一回の工程で所望のフ ハク群を形成することが容易にできる。

いる。このようなフィルタの作製においては不良品の初 (2) 光通信において極めて狭い通過帯域を持つフィル タ (例えば比帯域幅=1/2000) が近年要求されて 合が極めて高い。本技術を適用することによって、所定 の波長に通過城を持つような張板上の適切な位置を遊び 出し確実に良品を得ることができる。

(3) 広帯域の光ピームを本技術による干渉フィルタ上 で×方向に指引することにより、通過数長が連続的に変 比するので、それを分光計測川の光源として利用するこ

3

特国2001-91701

特別2001-91701

核理2001-91701

3

し、基本四期及、基本四期を空間的に連続に変化させる る。このとき、利用される関域を図6中の及方形質域6 のように限定してもよい。また

は7のようにx方向の周 期をy方向の周期とほぼ一致する範囲で変化させ、特性 [0016]また、図3は説明の便のためのものであっ ことにより、個々の単位囚期を正方形に極めて近くして 入射光の電界の向きによらぬ動作をさせることができ て、例えば上面図を<u>囚ら</u>に示すように囚形パターンと の偏光方向依存性を十分小さくすることもできる。

[0017] [実施例2] 3次元フォトニック結晶にお いてはいわゆるスーパープリズム効果が実験的に見出さ れており、この効果は理論的には2次元フォトニック結 品でも3次元フォトニック結品でも生ずることが知られ 結晶に、外部から光を基版に平行に入射させて、フォト を60°も連続的に変化させることができる。これは通 ている。即ち、基板上に作製された3次元フォトニック き、例えば光波長が1%だけ連続的に変わるとき屈折角 宿のプリズムよりも2~3桁高い故長分散効果である。 ニック結局内にある屈折角を持って伝むる光としたと ゆえに光放及に敏感な合被分数案子を得ることができ

たは円形の礼を三角格子状に作製し、その上に屈折率の 異なる2種類の誘電体を自己クローニング法により交近 に積解して3次元フォトニック結品を作製する。 三角格 子の×方向周期及はあるyの値の付近でほとんど一定で 在政権の光ゲームに対しては応承的に一角四世権指とし る。格子変調のない従来のスーパープリズム構造におい ては、プリズム効果のもっとも顕著に現れるのは比較的 状、波以徳囲に限られる。区屋の構造においては、光と **一ムの入射位限を選択することにより、プリズム効果の** 顕著に現れる波長範囲の中心を連続的に選択することが でき、一個の弟子でシステムの中心被反の設計に柔軟性 を与えることができると共に、作製技術の側からみると 作製器芸を光ピームの入射位置の選択により補償できる る範囲に光を閉じ込める平板状の導放構造(後述)を併 世用いることにより、中心被及がy方向に連続的に変化 している導政型スーパープリズムを得ることができ、入 出力回で他の光導波路と結合して用いるとき高い結合効 パープリズムに適用したものである。基板上に六角形ま 【0018】 図出は本発明を上面が三角格子を持つスー 及所をも持っている。即ちA付近に入射した光はス。━ Δ A から A sの 範囲で被及変化に敏感であり、B 付近に ある。以出中の符号7、8、9はそれぞれ故及1。--4 14, 14s, 14s+△1の光線を示している。またzのあ て働くが、yの値と共にx方向周期長が徐々に変化す 入外した光は2。から2。+42の貧困で向じく敏感で

[0019] [実施例3] <u>図9</u>には、本発明を3次元プ オトニック結晶型導波路に適用した例を示す。同因にお

3 次元フォトニック結晶の内部にチャネル形導被路を形 kis他、前述2次元導液路、およびBaba他、前述 プロセスの中断を要しない一貫作製プロセスにより形成 膜2次元導波路)、本例は(2)導波路のコア部分がフ 可値であることの特徴を持っている点でも上に引用した **改することの重要性はよく知られているが(例えばMe** オトニック結晶の基本周期の数倍以上であること (3) 2例とは全く異なる。図3.の構造の導液作用の原理を、 簡略化した<u>図10</u>の構造を用いて説明する。 同図はSi いて、10,11はそれぞれ高温折率材料(例えばS i) 、低屈折率材料(例えばSiOz)を示している。 Or (陆折母n,=1,5)12,TiOs (ns=

したもので、彼長 1.55μmにおいて用いられる平板 形導波路を表わす。周期Acore=0.427μmの mのクラッド部に包まれたものである。仮想的にz方向 に―のから+のまで周期AcoreまたはAclndを 持つ完全に周期的な構造を考えると、x方向に伝わる波 の速度は、Λ c l a d を周期として枠の構造の方がもう 一方より速く、電磁界はコア内に閉じ込められると予期 2. 5) 13の2種類の誘電体の平坦膜をz方向に積層 3 周期からなる中心部が周期Aclad=0,320 μ

【0020】このような導故効果は、コアの卬さが周期 ッド内でも局所的な基本国期に同期した細かいリップル がわかる。このモードは大きいリップルをもちガウス形 から違いように一見されるが、それは正しくなく、ガウ この結果と良く一致する実験結果が得られている。なお モードの実効屈折率は1.93である。図10、図2の ローニング法によって一貫プロセスにより中断や吳碩プ ロセスを挟むことなく作戦することができる。例えば図 ングないしスパッタエッチングを組み合わせて積層する 及の数倍以上ある構造に適用されるものである。 乳磁界 方程式を厳密に解いた結果は上の物理的イメージと一致 し、図1.1の電界分布が得られる。界はコア内でもクラ を持ち、包絡線がコア内で仮動的、クラッド内で成政的 である電界分布が得られる。コアの厚さが基本周期Ac (約3ヵm) の1/e 全幅を持つ基本モードがあること 中間として<u>図12</u>に示すように断面が2次元周期的で2 8)の構造とは異なり、凹凸を持つ基板の上に、自己ク 図12の導数路は、(特開平10-335758,図2 ス型ピームとの整合性がよいことが検討すれば分かる。 方向には一様なチャネル導波路を得る。 図9の導波路、 9の構造は図1.3に示すような、回み1.4を持つ仏板1 5の上にSiとSiO,をそれぞれ拡散入射スパッタリ oreの3倍である1.28μmのとき、その約3倍 ことにより作製された。

【0021】 [実施例4] フォトニック結晶導被路にお いて、急峻な曲りを低い放射損失と低い反射(光源への **戻り光)を持って実現するのに、面内周期の方向を空間 やに叛国した、 四基構造のもし特無と許らかな曲がりと**

を両立させる。即ち概略を<u>図14</u>に示す構造を自己クロ ---ング法により作製し用いた。

た、図14、図15において曲りを急載にしたとき外側 回の部分において、半径方向の周期長さを他のクラッド その部分の実効屈折率を低下させることにより放射を抑 る。このような曲り導波路において、フォトニック結晶 **し放射が生ずる。放射に伴う損失を防ぐため、曲りの外** 【0022】 生た囚」るにボすように3次元フォトニッ ク結晶の中の曲りチャネル導波路を形成することもでき の基本周期長さは1μmの数分の1以下であり、光回路 の小型化のために必要とされる曲り半径は10μmから 100μm程度であるから、曲りの内側部と外側部の曲 部分の半径方向周期長より小さくした領域を付加して、 りに沿う方向の周期長さの遊はさほど大きくない。ま 圧することができる。

でもない。本例では3次元フォトニック結品について説 **乳したが、2次元導被路で同じ考え方が適用できるのは** 【0023】 曲り導数路を平泊内で一巡させてループを 作りリング共坂器を形成することができることは行うま 勿違である。

[0024]

[発明の効果] 請求項1, 2, 3, 4により、フォトニ ック結晶の空間的に穏やかな格子変調を利用して巨視的 ・平均的な媒質定数に傾斜をもたせることができ光回路 の設計自由度が大幅に増す。 請求項5, 6により透過波 及に傾斜のあるフィルタが得られる。請求項7,8によ アイバとの結合が容易・曲がりによる放射・反射がない **消水項 9, 10, 11, 12により、作製が容易・光フ** り位配により同調できるスーパープリズムが得られる。 フォトニック結晶形導波路が得られる。 【図面の簡単な説明】

格子変調型周期構造の一例を示す説明

格子変調型周期構造において、基本周期

の取り方の例を示す説明図。

年1の支施倒である干渉フィルタの構造 を示す説明図。

第1の実施例である干渉フィルタを構成 する周期構造の単位構造 (ユニットセル) を示す説明

第1の実施例である干渉フィルタの強迫 第1の実施倒である干渉フィルタの動作 スペクトルを示す説明凶。

第1の実施倒である干渉フィルタの動作 いち、GI政位存性を除去する方法の一例を示す説明図。 いら、偏波位存性を除去する方法の一例を示す説明図。

卯2の実施倒であり、本発明をスーパー プリズムに適用した構造を示す説明図。

因9の構造を何略化した群政路構造を示 切3の実施的であり、本発明を3次元プ +トニック結品型導政路に適用した構造を示す説明図。 [310] [절8] **产記明图**。

区3の構造を信略化したチャネル型導致 回10の尊敬路構造における、尊敬モー ドの電界分布の数値計算例を示す説明図。 [41.2] Z I

国 9 の時波路構造の作製に用いられる基 気の形状の一例を示す説明図。 #道を示す説明図。 [M] 3]

第4の実施図である格子数調型曲がり算 披路の構造を示す説明因。 (<u>1</u>

第4の状態的である3次元フォトニック 古品中の格子変調型曲がり導波路の構造を示す説明図。 [作号の説明] [<u>図</u>] 5]

s.

S i 0.

SiO:抵板

SiOs版

キャアアイ

限定された利川領域

放長√3−4~1の光線の危影

故及え。の光弦の軌跡

故及ス。+△スの光嶽の軌跡

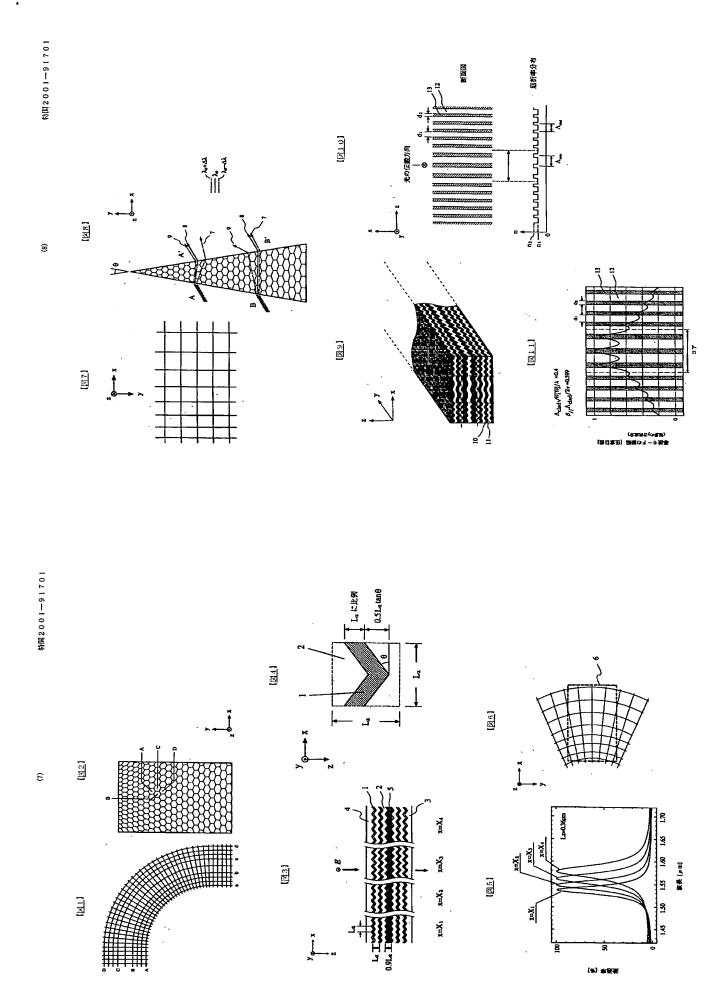
高温が存材料 (例えばSi) 10

低屈折砕材料 (例えばSiO)

SiO 1 2

T i 0:

基板上の孔



(10)

特別2001-91701

6

图13]

[M12]

QAO4 TAO0 TA43 2H048 GA13 GA62 2H049 AA37 AA59 AA62

宮城県仙台市曽葉区八幡6丁目1番2号 瀬音ハイツ103号

(72)発明者 酒井 韓剛

(72)免明者 大李 原决 官城県仙台市曹集区土地1丁目6番15号 コーポ金子201号

フロントページの設さ

図画

日間

[图15]

[1 区

医医医

区区区

ドターム(色光) 211042 CA07 211047 KA02 KA08 KA11 KA12 PA01

This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:
☑ BLACK BORDERS
☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
☐ FADED TEXT OR DRAWING
☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
□ other:

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.